

**STUDI KOMPARASI PEMANFAATAN BATU PECAH TANGAN DAN *STONE CRUSHER* TERHADAP SIFAT *MARSHALL* DAN *WORKABILITY* PADA CAMPURAN *HRS-BASE***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan salah satu Program Studi Strata  
I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh :

**YUNI WULANDARI**

**D 100 110 018**

**PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SURAKARTA**

**2018**

**HALAMAN PESETUJUAN**

**STUDI KOMPARASI PEMANFAATAN BATU PECAH TANGAN DAN *STONE*  
*CRUSHER* TERHADAP SIFAT *MARSHALL* DAN *WORKABILITY* PADA  
CAMPURAN *HRS-BASE***

**PUBLIKASI ILMIAH**

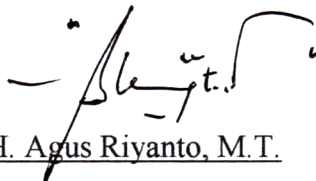
oleh:

**YUNI WULANDARI**

**D 100 110 018**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. H. Agus Riyanto, M.T.

NIDN : 0602036201

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**STUDI KOMPARASI PEMANFAATAN BATU PECAH TANGAN DAN**  
**STONE CRUSHER TERHADAP SIFAT MARSHALL DAN**  
**WORKABILITY PADA CAMPURAN HRS-BASE**

Oleh:

**YUNI WULANDARI**

**D 100 110 018**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 8 Februari 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. H. Agus Riyanto, M.T. (.....)  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. (.....)  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ika Setiyaningsih, S.T., M.T. (.....)  
(Anggota II Dewan Penguji)



Munyetujui,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIDN : 0630126302

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 Februari 2018

Penulis



YUNI WULANDARI

D 100 110 018

# **STUDI KOMPARASI PEMANFAATAN BATU PECAH TANGAN DAN *STONE CRUSHER* TERHADAP SIFAT *MARSHALL* DAN *WORKABILITY* PADA CAMPURAN *HRS-BASE***

## **ABSTRAK**

Agregat kasar untuk campuran lapis perkerasan jalan biasanya menggunakan agregat batu pecah *stone crusher*. Permasalahan terjadi ketika masih banyak daerah yang lokasinya jauh dari tempat pemecahan batu dengan *stone crusher*, sehingga untuk pembangunan jalan digunakan batu pecah tangan yang diproduksi oleh penduduk sekitar. Perbedaan jumlah persentase bagian alami pada batuan pecah sebagai campuran lapis perkerasan mempengaruhi semua parameter *Marshall* dan *workability*. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari dan membandingkan nilai karakteristik *Marshall* dan *workability* antara batu pecah tangan dan batu pecah *stone crusher* dalam campuran *HRS-Base*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian campuran *HRS-Base* dengan metode *Marshall* Tahap I, *Marshall* Tahap II, dan Faktor Kepadatan. Pengujian *Marshall* Tahap I dilakukan untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) pada masing-masing batuan (pecah tangan dan *stone crusher*) dengan variasi kadar aspal 5,5%; 6%; 6,5%; 7%; 7,5% terhadap berat total agregat (1200 gram). Pengujian *Marshall* Tahap II dilakukan untuk mencari dan membandingkan nilai parameter *Marshall* (stabilitas, flow, VMA, VFWA, VIM dan MQ) masing-masing batuan (pecah tangan dan *stone crusher*) menggunakan KAO. Faktor kepadatan adalah parameter untuk mengetahui *workability* suatu campuran. Sampel diukur ketinggiannya pada tumbukan ke 5x dan 2x75. Hasil analisis berdasarkan parameter *Marshall* penggunaan batu pecah *stone crusher* memiliki kualitas yang lebih baik daripada penggunaan batu pecah tangan untuk campuran *HRS-Base*, dengan nilai stabilitas = 2568,34kg; flow = 5,10mm; VIM = 4,53%; VFWA = 77,08%; VMA = 18,06% dan MQ = 525,33kg/mm pada penggunaan batu pecah *stone crusher* dan stabilitas = 2293,22kg; flow = 4,77mm; VIM = 4,74%; VFWA = 75,90%; VMA = 18,14% dan MQ = 484,37kg/mm pada penggunaan batu pecah tangan. Selain itu KAO pada penggunaan batu pecah *stone crusher* lebih sedikit dibandingkan pada penggunaan batu pecah tangan, yaitu 6,65% dari total agregat untuk batu pecah *stone crusher* dan 6,7% dari total agregat untuk batu pecah tangan. Sedangkan untuk parameter *workability* berdasarkan faktor kepadatan, pemanfaatan batu pecah tangan lebih *workable* dibandingkan dengan pemanfaatan batu pecah *stone crusher*, dengan nilai faktor kepadatan untuk batu pecah tangan sebesar 110,83% (volume berdasar luas x tinggi sampel) dan 100,61% (volume berdasar berat sampel), sedangkan untuk batu pecah *stone crusher* adalah 109,38 % (volume berdasar luas x tinggi sampel) dan 100,55 % (volume berdasar berat sampel).

**Kata kunci :** batu pecah tangan; batu pecah *stone crusher*; *HRS-Base*; *Marshall*; *Workability*

## **ABSTRACT**

Coarse aggregates for pavement layer mixture usually use *stone crusher* aggregate . Problems occur when there are still many areas located far from the place who have *stone crusher* , so for the construction of the road used stone that crushed by hand produced by the surrounding population. The difference in the percentage amount of the natural part of the broken rock as a plywood mixture affects all *Marshall* parameters and *workability*. The purpose of this research is to find and compare *Marshall* characteristic value and *workability*

between stone who crushed with hand and the stone who crushed with stone crusher in *HRS-Base* mix . In this study, the *HRS-Base* mixture was tested using Marshall Phase I, Marshall Phase II, and Density Factor. Marshall Phase I Test was conducted to find the Optimum Asphalt Content (KAO) on each rock (stone who crushed with hand and the stone who crushed with stone crusher) with variation of asphalt content 5.5%; 6%; 6.5%; 7%; 7.5% to the total weight of the aggregate (1200 grams). The Marshall Phase II test was performed to find and compare the Marshall parameter values (stability, flow, VMA, VFWA, VIM and MQ) each rocks (stone who crushed with hand and the stone who crushed with stone crusher) using KAO. The density factor is a parameter to know the workability of a mixture. The sample measured its height at the collision to 5x and 2x75.

The result of Marshall parameter analysis is known that stone who crushed with stone crusher has better quality than using stone who crushed with hand for *HRS-Base* mixture, with stability value = 2568,34kg; flow = 5.10mm; VIM = 4.53%; VFWA = 77.08%; VMA = 18.06% and MQ = 525.33kg/mm on the use of stone who crushed with stone crusher and stability = 2293,22kg; flow = 4.77mm; VIM = 4.74%; VFWA = 75.90%; VMA = 18.14% and MQ = 484,37kg/mm on the use of stone who crushed with hand. In addition, the optimum asphalt content on the use of stone who crushed with stone crusher is less than in the use of stone who crushed with hand, ie 6.65% of the total aggregate for stone who crushed with stone crusher and 6.7% of the total aggregate for stone who crushed with hand. While for workability parameter based on density factor seen from the average result of all samples, the utilization of stone who crushed with hand is more workable compared to stone who crushed with stone crusher, with density factor value for stone who crushed with hand equal to 110,83% (volume based on area x height of sample ) and 100.61% (volume based on sample weight), while for stone who crushed with stone crusher was 109,38% (volume based on x height of sample) and 100,55% (volume based on sample weight).

**Keyword : hand crushed stone; stone crushed using stone crusher; *HRS-Base*; Marshall; workability**

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Lapis perkerasan jalan beraspal tersusun dari campuran agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan aspal. Biasanya agregat kasar dan agregat sedang didapatkan dari hasil pemecahan batuan berukuran besar dengan alat pemecah batu (*stone crusher*), jika material ini dihasilkan dengan mesin pemecah batu, maka kemungkinan bentuk agregat yang dihasilkan dapat diatur dengan memiliki permukaan yang kasar, memiliki bidang pecah yang bersih dan bebas dari lempung atau bahan lain yang mengganggu sehingga memiliki gaya gesek yang baik serta daya ikat antar agregat yang kuat. Namun di Indonesia masih terdapat lokasi yang jauh dari tempat pemecahan batu dengan alat *stone crusher* sehingga memilih untuk menggunakan agregat alam atau sungai yang dipecah secara manual atau pecah tangan oleh penduduk sekitar sebagai agregat lapis perkerasan jalan. Agregat alam yang diambil langsung tanpa proses pemecahan batu kurang baik, karena agregat umumnya telah mengalami erosi sehingga berbentuk bulat tanpa bidang pecah, permukaan butiran licin, dan

dikotori oleh lumut dan kadang-kadang lumpur, penambahan persentase butiran agregat tanpa bidang pecah dalam campuran beton aspal dapat mempengaruhi semua parameter *Marshall* (Amri, 2015). Cara pemecahan batu secara manual menghasilkan bentuk agregat dengan ukuran yang tidak teratur atau bervariasi dengan sisi alami yang lebih banyak daripada penggunaan batu pecah *stone crusher*.

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan parameter sifat *Marshall* pemanfaatan agregat kasar batu pecah tangan dan *stone crusher* pada campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)*, juga mengetahui kadar aspal optimum yang dapat digunakan untuk masing-masing batuan, serta untuk membandingkan kemudahan pelaksanaan (*workability*) berdasarkan faktor kepadatan. Batuan pecah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari satu tempat yang sama dengan cara pemecahan yang berbeda (pecah tangan dan *stone crusher*) sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk memilih batu mana yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan berdasarkan parameter *Marshall* dan *workability*. Selain itu untuk daerah yang jauh dari tempat pemecahan batu dengan *stone crusher* dapat menggunakan agregat batu pecah tangan dengan kualitas yang tidak jauh berbeda dari agregat batu pecah *stone crusher*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

- 1). Berapa kadar aspal optimum yang diperlukan pada pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* sebagai agregat kasar dalam campuran *HRS-Base*?
- 2). Bagaimana pengaruh pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* sebagai agregat kasar pada campuran *HRS-Base* ditinjau dari karakteristik *Marshall* dan *workability*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1). Mengetahui kadar aspal optimum masing-masing yang diperlukan pada pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* sebagai agregat kasar dalam campuran *HRS-Base*.
- 2). Mengetahui serta membandingkan karakteristik *Marshall* pada pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* dalam campuran *HRS-Base*.
- 3). Mengetahui serta membandingkan *workability* pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* dalam campuran *HRS-Base* berdasarkan nilai faktor kepadatan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1). Mengetahui perbedaan kadar aspal optimum, nilai *Marshall* dan *workability* pada pemanfaatan agregat kasar batu pecah tangan dengan *stone crusher* dalam campuran *HRS-Base* yang dapat digunakan sebagai referensi atau pertimbangan dilapangan, sehingga dapat memilih material mana yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan dan anggaran yang disediakan.
- 2). Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian yang sejenis selanjutnya.

### 1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat fokus dan terarah maka ditetapkan pembatasan masalah sebagai berikut :

- 1). Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 2). Spesifikasi yang digunakan adalah spesifikasi umum Bina Marga 2010 Revisi 3.
- 3). Agregat halus yang digunakan berasal dari wilayah Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah.
- 4). Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah *stone crusher* dan batu pecah tangan yang berasal dari Balong, Jenawi.
- 5). Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 produksi PT. PERTAMINA Cilacap.
- 6). Jenis konstruksi yang dipakai adalah *HRS- Base*. Gradasi yang digunakan adalah gradasi senjang.
- 7). Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%.
- 8). Nilai Karakteristik *Marshall* didasarkan pada pengujian *Marshall Test*, sedangkan *workability* didapat dari proses perhitungan secara parametrik berdasarkan nilai faktor kepadatan.

## 2. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan karakteristik *Marshall* dan *workability* dengan pemanfaatan batuan yang berasal dari tempat yang sama dengan cara pemecahan yang berbeda (pecah tangan dan *stone crusher*) sebagai agregat kasar pada campuran *HRS-Base*. Metode penelitian ini adalah *research* di laboratorium berdasarkan pada pedoman perencanaan campuran beraspal panas yang ditinjau dengan metode *Marshall*, menurut SNI 06-2489-1990 dan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi ke 3, dan dilakukan perhitungan nilai faktor kepadatan.

### Tahapan Penelitian

#### Tahap I : Persiapan Alat dan Bahan



Pada tahap ini peneliti mempersiapkan alat pengujian, mengumpulkan bahan dan material yang dibutuhkan berupa aspal, agregat halus dan agregat kasar. Dalam penelitian ini aspal berasal dari produksi PT. Pertamina Cilacap, Agregat halus dari wilayah Kabupaten Boyolali dan Agregat kasar berupa batu pecah tangan dan batu pecah *stone crusher* berasal dari satu wilayah yang sama yaitu daerah Balong, Jenawi.

## **Tahap II : Pengujian Mutu Bahan dan Material**

Pada tahap ini peneliti melakukan pengujian awal guna memeriksa mutu bahan-bahan penelitian (aspal, agregat halus dan agregat kasar) agar sesuai dengan persyaratan teknis sebagai bahan-bahan susunan campuran aspal panas (*Hot Mix*). Pengujian bahan-bahan aspal meliputi: pengujian penetrasi aspal, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, daktilitas dan berat jenis aspal. Pengujian agregat halus meliputi: pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, *Sand Equivalent*, serta analisis saringan. Pengujian agregat kasar meliputi: pemeriksaan keausan agregat, berat jenis dan penyerapan, kelekatan terhadap aspal serta analisis saringan.

## **Tahap III : Mix Design Agregat**

Pada tahap ini dilakukan penggabungan perhitungan analisa saringan untuk menentukan komposisi campuran agregat. Pada penelitian ini gradasi yang digunakan untuk konstruksi *HRS- Base* adalah gradasi senjang, dan ukuran ayakan yang digunakan adalah 19; 12,5; 9,5; 2,36; 0,6; dan 0,075 (dalam mm). Setelah semua agregat memenuhi spesifikasi dan didapatkan persen lolos setiap fraksi (kasar, mediu dan halus) dari hasil analisa saringan, kemudian dicari nilai CA, MA dan FA dengan cara grafis. Selanjutnya dihitung *resultant gradation* campuran agregat, setelah memenuhi spesifikasi gradasi agregat *HRS-Base* maka dapat ditentukan komposisi agregat campuran untuk pembuatan benda uji.

## **Tahap IV : Menentukan Kadar Aspal Optimum**

Setelah didapatkan fraksi saringan masing-masing campuran agregat dilanjutkan pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum dengan menggunakan variasi 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% terhadap berat total agregat (1200 g). Masing-masing kadar aspal dibuat 3 benda uji. Pengujian ini menghasilkan stabilitas dan *flow*. Jumlah benda uji 15 *sample* untuk batu pecah tangan dan 15 *sample* untuk batu pecah *stone crusher*.

## **Tahap V : Pembuatan Benda Uji**

Pada tahap ini membuat benda uji menggunakan kadar aspal optimum yang telah diperoleh, sebanyak 6 sampel untuk pemeriksaan *Marshall*, 3 sampel untuk batu pecah tangan dan 3 sampel untuk batu pecah *stone crusher*. Pembuatan benda uji kadar aspal optimum menggunakan alat pemadat *Marshall hammer* dengan jumlah tumbukan 2 x 75 tumbukan. Kemudian setelah benda uji direndam selama 24 jam sampel diuji menggunakan

*Marshall machine* kemudian dievaluasi nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFWA* dan *Marshall Quotient (MQ)*. Sedangkan untuk mencari nilai *workability* dibuat 12 sampel yaitu : 3 sampel untuk batu pecah *stone crusher* dengan jumlah tumbukan 5x, 3 sampel untuk batu pecah *stone crusher* dengan jumlah tumbukan 2x75, 3 sampel untuk batu pecah tangan dengan jumlah tumbukan 5x, 3 sampel untuk batu pecah tangan dengan jumlah tumbukan 2x75.

#### **Tahap VI : Analisis Data dan Pembahasan**

Setelah diperoleh data-data dari hasil penelitian kemudian data tersebut diolah dan dianalisis agar hasil penelitian mampu menjawab masalah dan tujuan dilakukan penelitian ini.

#### **Tahap VII : Kesimpulan dan Saran**

Memberikan kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian yang telah diperoleh.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Hasil Pemeriksaan Material**

Hasil pengujian material berupa aspal, agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Mutu Aspal Penetrasi 60/70

| No | Jenis Pemeriksaan           | Metode           | Spec. | Hasil | Keterangan |
|----|-----------------------------|------------------|-------|-------|------------|
| 1  | Penetrasi pada 25°C (0,1mm) | SNI 06-2456-1991 | 60-70 | 68,4  | Memenuhi   |
| 2  | Titik lembek (°C)           | SNI 2434:2011    | ≥ 48  | 54    | Memenuhi   |
| 3  | Titik nyala (°C)            | SNI 2433:2011    | ≥ 232 | 318   | Memenuhi   |
| 4  | Berat Jenis (gr)            | SNI 2441:2011    | ≥ 1,0 | 1,05  | Memenuhi   |
| 5  | Daktilitas, 25°C, cm        | SNI 2432:2011    | ≥ 100 | > 100 | Memenuhi   |

(Sumber: hasil penelitian dan Bina Marga 2010 rev III)

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

| No. | Jenis Pemeriksaan                                    | Standar            | Spec  | Hasil  | Keterangan |
|-----|--|--------------------|-------|--------|------------|
| 1.  | Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (500 putaran) | SNI 2417 :<br>2008 | ≤ 40% |        |            |
|     | a. Pecah tangan                                      |                    |       | 22,80% | Memenuhi   |
|     | b. Pecah <i>stone crusher</i>                        |                    |       | 22,20% | Memenuhi   |

Tabel 2. Lanjutan

| No. | Jenis Pemeriksaan                | Standar          | Spec        | Hasil | Keterangan |
|-----|----------------------------------|------------------|-------------|-------|------------|
| 2.  | Berat Jenis <i>Bulk</i>          | SNI<br>1969:2008 | -           |       |            |
|     | a. Pecah tangan                  |                  |             | 2,492 | -          |
|     | b. Pecah <i>stone crusher</i>    |                  |             | 2,57  | -          |
| 3.  | Berat Jenis <i>SSD</i>           | SNI<br>1969:2008 | -           |       |            |
|     | a. Pecah tangan                  |                  |             | 2,558 | -          |
|     | b. Pecah <i>stone crusher</i>    |                  |             | 2,63  | -          |
| 4.  | Berat Jenis Semu                 | SNI<br>1969:2008 | -           |       |            |
|     | a. Pecah tangan                  |                  |             | 2,669 | -          |
|     | b. Pecah <i>stone crusher</i>    |                  |             | 2,732 | -          |
| 5.  | Penyerapan air oleh agregat      | SNI<br>1969:2008 | $\leq 3\%$  |       |            |
|     | a. Pecah tangan                  |                  |             | 2,66  | Memenuhi   |
|     | b. Pecah <i>stone crusher</i>    |                  |             | 2,3   | Memenuhi   |
| 6.  | Kelekatan agregat terhadap aspal | SNI<br>2439:2011 | $\geq 95\%$ |       |            |
|     | a. Pecah tangan                  |                  |             | 100%  | Memenuhi   |
|     | b. Pecah <i>stone crusher</i>    |                  |             | 100%  | Memenuhi   |

(Sumber : Hasil penelitian dan Bina Marga 2010 rev III)

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

| Ukuran<br>ayakan<br>(mm) | Persen lolos (%)           |               |              |               |
|--------------------------|----------------------------|---------------|--------------|---------------|
|                          | Pecah <i>stone crusher</i> |               | Pecah tangan |               |
|                          | Fraksi Kasar               | Fraksi medium | Fraksi Kasar | Fraksi medium |
| 19                       | 100                        | 100           | 100          | 100           |
| 12,5                     | 73,20                      | 100           | 68,20        | 100           |
| 9,5                      | 12,87                      | 100           | 14,93        | 100           |
| 2,36                     | 2,87                       | 5,20          | 2,07         | 5,00          |
| 0,6                      | 2,53                       | 2,90          | 1,67         | 2,80          |

|       |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|
| 0,075 | 1,13 | 1,20 | 1,00 | 1,10 |
| pan   | 0    | 0    | 0    | 0    |

(Sumber : Hasil penelitian)

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

| No | Jenis Pemeriksaaan          | Standar          | Spec.       | Hasil | Keterangan |
|----|-----------------------------|------------------|-------------|-------|------------|
| 1. | Berat Jenis <i>bulk</i>     | SNI 1970:2008    |             | 2,629 |            |
| 2  | Berat Jenis SSD             | SNI 1970:2008    |             | 2,688 |            |
| 3  | Berat Jenis semu            | SNI 1970:2008    |             | 2,794 |            |
| 4  | Penyerapan air oleh agregat | SNI 1970:2008    | $\leq 3\%$  | 2,249 | Memenuhi   |
| 5  | <i>Sand Equivalent</i>      | SNI 03-4141-1996 | $\geq 60\%$ | 88,45 | Memenuhi   |

(Sumber : Hasil penelitian dan Bina Marga 2010 rev III)

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

|                    |     |      |     |      |       |       |     |
|--------------------|-----|------|-----|------|-------|-------|-----|
| Ukuran Ayakan (mm) | 19  | 12,5 | 9,5 | 2,36 | 0,6   | 0,075 | pan |
| Persen Lolos (%)   | 100 | 100  | 100 | 100  | 45,80 | 4,40  | 0   |

(Sumber : Hasil penelitian)

### 3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari hasil pengujian *Marshall* Tahap I yaitu untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) masing-masing pemanfaatan batuan ( batu pecah tangan dan batu pevah *stone crusher*) berdasarkan 5 variasi kadar aspal yaitu 5,5%; 6%; 6,5%; 7%; dan 7,5%.

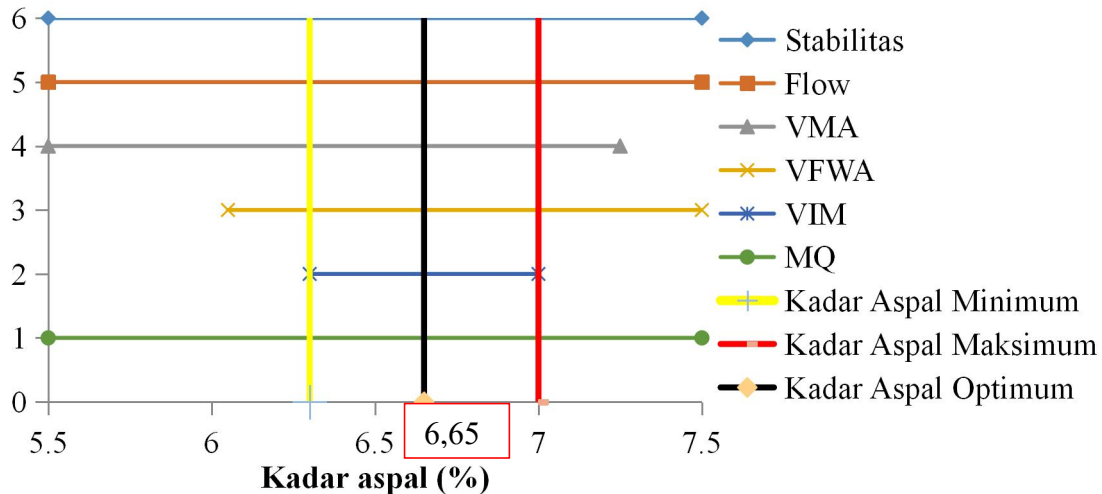
1). Batu pecah *stone crusher*.

Hasil pengujian *Marshall* Tahap I untuk penentuan KAO pada batu pecah *stone crusher* didapatkan hasil seperti pada Tabel 6 dan nilai KAO dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 6. Nilai Rata-rata Sampel pada *Marshall Test* Batu Pecah *Stone Crusher* Tahap I

| Kadar aspal | Stabilitas | <i>Flow</i> | <i>VMA</i> | <i>VFWA</i> | <i>VIM</i> | <i>MQ</i> |
|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|
| %           | kg         | mm          | %          | %           | %          | kg/mm     |
| 5,5         | 1422,74    | 4,23        | 19,08      | 59,36       | 8,01       | 335,62    |
| 6           | 1519,19    | 4,45        | 18,90      | 66,15       | 6,82       | 342,57    |
| 6,5         | 1740,77    | 4,48        | 18,48      | 76,04       | 5,35       | 387,76    |
| 7           | 1500,06    | 4,45        | 18,37      | 83,35       | 4,24       | 336,95    |
| 7,5         | 1435,46    | 4,25        | 17,67      | 90,18       | 2,44       | 337,78    |
| Spec        | >800       | >3          | >18        | >68         | 4-6        | >250      |

(Sumber: Hasil penelitian dan Bina Marga 2010 rev III)



Gambar 1. Grafik Kadar Aspal Optimum Pemanfaatan Batu Pecah *Stone Crusher*.

Pada Gambar 1 dapat dilihat dari hasil pengujian *Marshall* tahap I untuk campuran *HRS-Base* gradasi senjang dengan agregat kasar batu pecah *Stone Crusher* menggunakan aspal Pertamina Pen 60/70 didapatkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,65%.

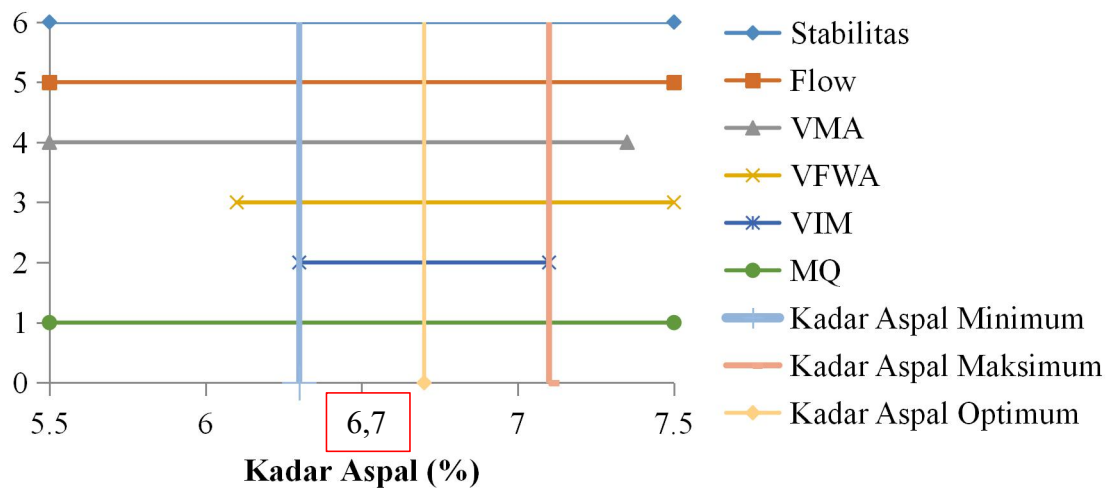
## 2). Batu pecah tangan

Hasil pengujian *Marshall* Tahap I untuk penentuan KAO pada batu pecah tangan didapatkan hasil seperti pada Tabel 7 dan nilai KAO dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 7. Nilai Rata-rata Sampel pada *Marshall Test* Batu Pecah Tangan Tahap I

| Kadar aspal | Stabilitas | Flow | VMA   | VFWA  | VIM  | MQ     |
|-------------|------------|------|-------|-------|------|--------|
| %           | kg         | mm   | %     | %     | %    | kg/mm  |
| 5,5         | 1109,82    | 4,10 | 19,09 | 58,48 | 8,20 | 270,50 |
| 6           | 1227,65    | 4,20 | 18,63 | 65,63 | 6,70 | 291,47 |
| 6,5         | 1703,95    | 4,40 | 18,52 | 74,66 | 5,61 | 390,28 |
| 7           | 1470,72    | 4,37 | 18,16 | 81,44 | 4,23 | 336,33 |
| 7,5         | 1461,64    | 4,33 | 17,90 | 86,78 | 2,95 | 335,85 |
| Spec        | >800       | >3   | >18   | >68   | 4-6  | >250   |

(Sumber: Hasil penelitian dan Bina Marga 2010 rev III)



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Optimum Pemanfaatan Batu Pecah Tangan.

Pada Gambar 2 dapat dilihat dari hasil pengujian *Marshall* tahap I untuk campuran *HRS-Base* gradasi senjang dengan agregat kasar batu pecah tangan menggunakan aspal Pertamina Pen 60/70 didapatkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,7%.

### 3.3 Komparasi Pemanfaatan Batu Pecah Tangan dan Batu Pecah *Stone Crusher* Berdasarkan Parameter *Marshall*.

Hasil pengujian *Marshall* Tahap II yaitu untuk mengkomparasi pemanfaatan batu pecah tangan dan batu pecah *stone crusher* pada campuran *HRS-Base* berdasarkan KAO masing-masing batuan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Komparasi Pemanfaatan Batu Pecah Tangan dan Batu Pecah *Stone Crusher* Berdasarkan Parameter *Marshall*.

| Parameter <i>Marshall</i> | Spec | Pecah Tangan | Pecah <i>Stone Crusher</i> | Rekomendasi          |
|---------------------------|------|--------------|----------------------------|----------------------|
| KAO (%)                   |      | 6,7          | 6,65                       |                      |
| Stabilitas (kg)           | >800 | 2293,22      | 2568,34                    | <i>Stone crusher</i> |
| <i>flow</i> (mm)          | >3   | 4,77         | 5,17                       | <i>Stone crusher</i> |
| <i>VMA</i> (%)            | >18  | 18,14        | 18,06                      | Pecah tangan         |
| <i>VFWA</i> (%)           | >68  | 75,90        | 77,08                      | <i>Stone crusher</i> |
| <i>VIM</i> (%)            | 4-6  | 4,74         | 4,53                       | Pecah tangan         |
| <i>MQ</i> (kg/mm)         | >250 | 484,37       | 521,92                     | <i>Stone crusher</i> |

(Sumber: Hasil penelitian dan Bina Marga 2010 rev III)

Keterangan rekomendasi :

- a. *Stabilitas*. Kedua batuan memenuhi spek namun lebih direkomendasikan batu pecah *stone crusher* karena semakin besar nilai stabilitas maka kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas semakin besar.
- b. *Flow*. Kedua batuan memenuhi spek namun lebih direkomendasikan batu pecah *stone crusher* karena semakin besar nilai *flow* berarti *interlocking* antar agregat dalam campurannya semakin baik.
- c. *VMA*. Kedua batuan memenuhi spek namun lebih direkomendasikan batu pecah tangan karena jika nilai *VMA* terlalu rendah maka akan menyebabkan *bleeding*.
- d. *VFWA*. Kedua batuan memenuhi spek namun lebih direkomendasikan batu pecah *stone crusher* karena jika nilai *VFWA* terlalu rendah maka akan mengakibatkan durabilitas.
- e. *VIM*. Kedua batuan memenuhi spek namun lebih direkomendasikan batu pecah tangan karena nilai *VIM* yang lebih mendekati medium spek. Nilai *VIM* yang terlalu kecil akan menyebabkan *bleeding* namun jika terlalu besar akan menyebabkan mudah retak (*crack*) dan *durable*.
- f. *Marshall Quotient (MQ)*. Nilai *MQ* menyesuaikan dengan nilai stabilitas dan *flow*. Campuran yang memiliki nilai *MQ* rendah, dapat dikatakan bahwa campuran aspal beton campuran panas semakin *fleksibel* dan akan cenderung menjadi plastis dan lentur, sehingga mudah berubah bentuk (*deformasi*) apabila menahan beban lalu lintas tinggi dan berat. Sedang aspal beton campuran panas yang memiliki *MQ* tinggi yang menunjukkan bahwa campuran adalah kaku dan kurang lentur.

Berdasarkan hasil komparasi keseluruhan parameter *Marshall* pada Tabel 8 diatas maka pemilihan batu pecah *stone crusher* lebih direkomendasikan sebagai campuran *HRS-Base* karena memiliki kualitas yang lebih baik berdasarkan parameter *Marshall* dan kebutuhan aspal yang digunakan dalam campuran lebih sedikit dibandingkan dengan pemanfaatan batu pecah tangan.

### 3.4 Perhitungan dan Komparasi Nilai *Workability*

Perhitungan nilai *workability* berdasarkan faktor kepadatan dicari berdasarkan volume benda uji pada tumbukan ke 5x dan 2x75. volume benda uji didapatkan berdasarkan berat benda uji maupun berdasar luas x tinggi benda uji.

#### 1). Batu pecah *stone crusher*

Hasil perhitungan nilai *workability* berdasarkan faktor kepadatan pemanfaatan batu pecah *stone crusher* dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Nilai *Workability* Batu Pecah *Stone Crusher* (volume berdasar luas x tinggi sample)

| Sampel    | kadar aspal<br>(KAO) | Tinggi sampel<br>(cm) |      | Diameter<br>(cm) | Volume (cm³)         |                        | Workabilitas (%)                       |
|-----------|----------------------|-----------------------|------|------------------|----------------------|------------------------|--|
|           |                      | 5x                    | 2x75 |                  | 5x (C <sub>1</sub> ) | 2x75 (C <sub>2</sub> ) | (C <sub>1</sub> /C <sub>2</sub> )x100% |
| 1         | 6,65 %               | 6,8                   | 6,2  | 10,1             | 544,529              | 496,483                | 109,7                                  |
| 2         |                      | 7                     | 6,5  |                  | 560,545              | 520,506                | 107,7                                  |
| 3         |                      | 7,2                   | 6,5  |                  | 576,561              | 520,506                | 110,8                                  |
| Rata-rata |                      |                       |      |                  |                      |                        | 109,38                                 |

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai *Workability* Batu Pecah *Stone Crusher* (volume berdasar berat sample)

| Sampel    | Berat SSD    |                | Berat dalam air |                | Berat kering udara |                | Volume<br>5 x<br>tumbukan | Volume<br>150 x<br>tumbukan | Faktor<br>Kepadatan<br>(%) |
|-----------|--------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|           | 5<br>pukulan | 150<br>pukulan | 5<br>pukulan    | 150<br>pukulan | 5<br>pukulan       | 150<br>pukulan |                           |                             |                            |
| 1         | 1228,0       | 1255           | 683,0           | 712            | 1215,0             | 1243           | 545,00                    | 543,00                      | 100,37                     |
| 2         | 1225,0       | 1261           | 678,0           | 718            | 1213,0             | 1250           | 547,00                    | 543,00                      | 100,74                     |
| 3         | 1236,0       | 1265           | 688,0           | 720            | 1218,0             | 1254           | 548,00                    | 545,00                      | 100,55                     |
| Rata-rata |              |                |                 |                |                    |                |                           |                             | 100,55                     |

(Sumber : Hasil Penelitian)

## 2). Batu pecah tangan

Hasil perhitungan nilai *workability* berdasarkan faktor kepadatan pemanfaatan batu pecah tangan dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Nilai *Workability* Batu Pecah Tangan (volume berdasar luas x tinggi sample)

| Sampel | kadar aspal<br>(KAO) | Tinggi sampel<br>(cm) |      | Diameter<br>(cm) | Volume (cm <sup>3</sup> ) |                        | Workabilitas (%)                       |
|--------|----------------------|-----------------------|------|------------------|---------------------------|------------------------|--|
|        |                      | 5x                    | 2x75 |                  | 5x (C <sub>1</sub> )      | 2x75 (C <sub>2</sub> ) | (C <sub>1</sub> /C <sub>2</sub> )x100% |
| 1      | 6,7%                 | 7,1                   | 6,5  | 10,1             | 568,553                   | 520,506                | 109,2                                  |
| 2      |                      | 7,2                   | 6,4  |                  | 576,561                   | 512,498                | 112,5                                  |
| 3      |                      | 7,2                   | 6,5  |                  | 576,561                   | 520,506                | 110,8                                  |



|           |        |
|-----------|--------|
| Rata-rata | 110,83 |
|-----------|--------|

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 12. Hasil Perhitungan Nilai *Workability* Batu Pecah Tangan (volume berdasar berat sample)

| Sampel    | Berat SSD    |                | Berat dalam air |                | Berat kering udara |                | Volume<br>5 x<br>tumbukan | Volume<br>150 x<br>tumbukan | Faktor<br>Kepadatan<br>(%) |
|-----------|--------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|           | 5<br>pukulan | 150<br>pukulan | 5<br>pukulan    | 150<br>pukulan | 5<br>pukulan       | 150<br>pukulan |                           |                             |                            |
| 1         | 1237,0       | 1270           | 688,0           | 722            | 1215,0             | 1260           | 549,00                    | 548,00                      | 100,18                     |
| 2         | 1228,0       | 1264           | 678,0           | 720            | 1213,0             | 1249           | 550,00                    | 544,00                      | 101,10                     |
| 3         | 1224,0       | 1261           | 673,0           | 713            | 1218,0             | 1245           | 551,00                    | 548,00                      | 100,55                     |
| Rata-rata |              |                |                 |                |                    |                |                           |                             | 100,61                     |

(Sumber : Hasil Penelitian)

3). Komparasi *workability* pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* berdasarkan faktor kepadatan.

Berdasarkan Tabel 9 sampai Tabel 12 dapat dibuat komparasi pemanfaatan batu pecah tangan dan batu pecah *stone crusher* seperti pada Tabel 13 dan Tabel 14 berikut:

Tabel 13. Komparasi berdasarkan parameter *workability* (volume berdasar luas x tinggi sample)

| Sample    | <i>Workability</i> (%) |                            | Rekomendasi                           |
|-----------|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
|           | Pecah tangan           | Pecah <i>stone crusher</i> |                                       |
| 1         | 109,2                  | 109,7                      | <i>Stone crusher</i>                  |
| 2         | 112,5                  | 107,7                      | Pecah tangan                          |
| 3         | 110,8                  | 110,8                      | Pecah tangan dan <i>stone crusher</i> |
| Rata-rata | 110,83                 | 109,38                     | Pecah Tangan                          |

Tabel 14. Komparasi berdasarkan parameter *workability* (volume berdasar berat sample)

| Sample    | <i>Workability</i> (%) |                            | Rekomendasi                           |
|-----------|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
|           | Pecah tangan           | Pecah <i>stone crusher</i> |                                       |
| 1         | 100,18                 | 100,37                     | <i>Stone crusher</i>                  |
| 2         | 101,10                 | 100,74                     | Pecah tangan                          |
| 3         | 100,55                 | 100,55                     | Pecah tangan dan <i>stone crusher</i> |
| Rata-rata | 100,61                 | 100,55                     | Pecah Tangan                          |

Berdasarkan Tabel 13 dan Tabel 14 dapat disimpulkan bahwa *workability* berdasarkan parameter faktor kepadatan pada pemanfaatan batu pecah *stone crusher* dan batu pecah tangan dalam campuran *HRS-Base* jika dilihat dari rata-rata semua sampel maka dapat dilihat bahwa batu pecah tangan memiliki nilai faktor kepadatan yang lebih besar yang berarti campuran *HRS-Base* dengan memanfaatkan batu pecah tangan lebih *workable*.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan penelitian mengenai pemanfaatan batu pecah tangan dan *stone crusher* terhadap karakteristik sifat *Marshall* dan *workability* pada campuran *HRS-Base* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar aspal optimum yang diperoleh adalah sebesar 6,65% untuk campuran *HRS-Base* pemanfaatan batu pecah *stone crusher* dan 6,7% pada campuran *HRS-Base* pemanfaatan batu pecah tangan. KAO batu pecah tangan lebih besar dari KAO batu pecah *stone crusher* karena semakin banyak batuan tanpa bidang pecah maka rongga dalam campuran semakin besar sehingga diperlukan jumlah aspal yang lebih banyak untuk mengisi rongga tersebut agar didapatkan campuran yang memenuhi spesifikasi.
2. Untuk pembuatan campuran konstruksi *HRS-Base* sebagai lapisan perkerasan jalan jika ditinjau dari parameter *Marshall* lebih disarankan untuk menggunakan batu pecah *stone crusher* karena memiliki kualitas yang lebih baik dengan nilai karakteristik *Marshall* pada campuran *HRS-Base* pemakaian batu pecah *stone crusher* adalah : stabilitas = 2568,34 kg; *flow* = 5,10 mm; *VIM* = 4,53 %; *VFWA* = 77,08 %; *VMA* = 18,06 % dan *MQ* = 525,33 kg/mm. Dan pada pemakaian batu pecah tangan adalah : stabilitas = 2293,22 kg; *flow* = 4,77 mm; *VIM* = 4,74 %; *VFWA* = 75,90 %; *VMA* = 18,14 % dan *MQ* = 484,37 kg/mm. Nilai *VIM* dan *VMA* pada pemakaian batu pecah *stone crusher* lebih rendah dibandingkan pada campuran yang menggunakan batu pecah tangan, sedangkan nilai *Marshall Stability*, *flow*, *VFWA* dan *MQ* pemakaian batu pecah *stone crusher* lebih tinggi dibandingkan pada batu pecah tangan hal ini dikarenakan semakin sedikit kadar batuan dengan bidang alami maka *VIM* dan *VMA* semakin kecil, nilai *Marshall Stability*, *flow*, *VFWA* dan *MQ* akan semakin besar. Selain itu kebutuhan aspal yang digunakan dalam campuran *HRS-Base* pemakaian batu pecah *stone crusher* lebih sedikit dibandingkan pemakaian batu pecah tangan.
3. *Workability* berdasarkan parameter faktor kepadatan jika dilihat dari rata-rata seluruh sampel masing-masing pemanfaatan batuan pecah maka dapat dilihat batu pecah tangan memiliki nilai faktor kepadatan yang lebih besar yang berarti lebih *workable*

dibandingkan dengan pemanfaatan batu pecah *stone crusher*. Nilai faktor kepadatan untuk batu pecah tangan yaitu 110,83% (volume berdasar luas x tinggi sampel) dan 100,61% (volume berdasar berat sampel), sedangkan untuk batu pecah *stone crusher* adalah 109,38 % (volume berdasar luas x tinggi sampel) dan 100,55 % (volume berdasar berat sampel).

#### 4.2 SARAN

Beberapa pengalaman pada penelitian di Laboratorium dapat dikemukakan saran-saran agar penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut, diantaranya adalah sebagai berikut :

- 1) Penelitian dapat dikembangkan dengan pengambilan sumber agregat dari tempat yang berbeda dengan jenis campuran yang berbeda.
- 2) Dalam pembuatan sampel dapat dilakukan dengan lebih teliti dan hati-hati karena dapat mengurangi berat maupun kualitas dari sampel itu sendiri. Dan pada pembuatan sampel *workability* dapat menggunakan alat pemadat yang lain yaitu alat uji Gyratory agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
- 3) Penelitian selanjutnya untuk mengetahui *workability* suatu campuran dapat menggunakan metode yang lain dan jenis campuran yang berbeda.

#### PERSANTUNAN

Dengan terselesaikannya penelitian ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih atas bimbingan, petunjuk, bantuan serta kerja samanya kepada:

Bapak Ir. Agus Riyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing.

Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta serta Dosen Penguji I

Ibu Ika Setiyaningsih, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II.

Bapak Dr. Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Bapak Gurawan Djati Wibowo, S.T., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pimpinan dan staf Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Ibu, Kakak dan Alm. Ayah tercinta yang telah memberikan nasehat, do'a dan segala bantuan baik moril maupun materiil.

Teman-teman dan Kakak-kakak tingkat angkatan 2010 dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alkausar, Isa, 2007, Pemanfaatan Batu Bata Limbah Bangunan Gedung Sebagai *Filler* terhadap Sifat *Marshall*, Nilai Struktural dan *Workabilitas HRA*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Amri, Teuku Saiful, 2015, Pengaruh Persentase Agregat Kasar Tanpa Bidang Pecah Terhadap Karakteristik *Marshall* Campuran Beton AC-WC. (Tinjauan Gradasi Agregat Batas Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70), Tesis, Program Studi Magister, Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana, Universitas Syiah Kuala Darussalam-Banda Aceh.
- Anonim, 2000, *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 2001. Pedoman Penyusunan “Laporan Tugas Akhir”. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Arifin, Muhammad Zainul, 2008, Pengaruh Komposisi Batu Pecah dan Piroplit sebagai Agregat Kasar dengan Variasi Kadar Aspal terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS (*Hot Roller Sheet*), Jurnal, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
- Baihaqi, Ahmad, 2015, Analisis Indeks *Workability* pada Daspal (Damar Aspal) Jabung Sebagai Bahan Pengikat Perkerasan Jalan Pengganti Aspal Konvensional, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hartati, 2009, Studi Pengaruh Steel Slag Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap *Workability* dan Durabilitas , Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Padang, Kampus Limau Manis Padang.
- Jurusan Teknik Sipil, 2015, *Modul Praktikum Bahan Perkerasan*, Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum Revisi (3), 2010, Divisi 6: Pekerjaan Aspal*, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Setiawan, Rossian March, 2013, Komparasi Penggunaan *Filler* Kaca Pada Campuran HRS dan SMA Terhadap Karakteristik *Marshall* dan *Workabilitas*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.

Susilowati, Dian, 2007, Pemanfaatan Limbah Bangunan Gedung Sebagai *Filler* pada *HRS* Terhadap Sifat *Marshall* dan *Workabilitas*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.